Vestnik zoologii, **41**(4): 355—360, 2007

УДК 593.16

ГЕТЕРОТРОФНЫЕ ЖГУТИКОНОСЦЫ АЭРОТЕНКОВ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ЖИТОМИРА (УКРАИНА)

С. Ю. Шевчук

Житомирский государственный университет им. И. Я. Франко, ул. Б. Бердичевская, 40, Житомир, 10002 Украина

Принято 19 сентября 2006

Гетеротрофные жгутиконосцы аэротенков очистных сооружений Житомира (Украина). Шевчук С. Ю. — Приведены сведения об обнаружении 12 видов гетеротрофных жгутиконосцев в активном иле аэротенков очистных сооружений Житомира, а также данные о морфологических особенностях и оригинальные рисунки.

Ключевые слова: активный ил, гетеротрофные жгутиконосцы, Украина.

Heterotrophic Flagellates of the Aeration Tanks in Sewage Treatment Construction from Zhitomir (Ukraine). Shevchuk S. Yu. — The data about finds of 12 heterotrophic species of flagellates in the activated sludge of the aerotanks in sewage treatment construction from Zhitomir are presented together with morphological features of found organisms and original pictures.

Key words: activated sludge, heterotrophic flagellates, Ukraine.

Введение

Гетеротрофные жгутиконосцы — это группа свободноживущих протистов, которая активно участвует в процессах биологической очистки воды, как в природных водоемах, так и в искусственных сооружениях. Они являются одним из наиболее обычных компонентов активного ила очистных сооружений. Эти протисты могут питаться бактериями, способствуя таким образом снижению их численности, а также осаждению одиночных бактерий, из которых формируются слизистые комочки (Arndt et al., 2000). Кроме того, хищные виды жгутиконосцев поедают представителей более мелких видов (Жуков, Мыльников, 1983). Часть видов — сапрофиты, которые поглощают растворенные органические вещества и способствуют быстрой минерализации органических соединений. Однако список работ, касающихся таксономического состава гетеротрофных жгутиконосцев активного ила довольно мал (Истомина и др., 1973; Жуков, Мыльников, 1983; Суханова, 1983). Поэтому перспективным является изучение видового состава гетеротрофных жгутиковых и оценка их роли в процессах очистки воды в очистных сооружениях.

Цель работы состояла в исследовании видового состава гетеротрофных жгутиконосцев аэротенков очистных сооружений г. Житомира.

Материал и методы

Материалом исследования послужили пробы активного ила, собранные в июле—декабре 2005 г. в аэротенках очистных сооружений Житомира, которые осуществляют очистку смешанных сточных вод (преобладают бытовые). После механической очистки процесс продолжается в аэротенках. Определенная температура, содержание растворенного кислорода, соответствующее pH и наличие питательных веществ способствуют развитию и существованию сложного биоценоза микроорганизмов-минерализаторов, адсорбирующих на своей поверхности и окисляющих в присутствии кислорода воздуха органические вещества сточной воды.

Пробы отбирали простым зачерпыванием активного ила и быстро транспортировали в открытой стеклянной посуде в лабораторию. Для определения видового состава жгутиконосцев пробы активного ила объемом 5 $см^3$ разливали в чашки Петри диаметром 6 см и просматривали под микроскопом сразу после отбора без использования фиксатора. Наблюдения проводили на микроскопе МИКМЕД под водной иммерсией. Жгутиконосцев просматривали непосредственно в чашке Петри и зарисовывали.

Идентификацию видов проводили с помощью работ Б. Ф. Жукова, А. П. Мыльникова (Жуков, Мыльников, 1983; Жуков, 1993) и З. И. Асаул (1975).

В работе мы использовали систему эукариот С. М. Адла с соавт. (Adl et al., 2005).

Результаты и обсуждение

В аэротенках очистных сооружений Житомира нами обнаружено 12 видов гетеротрофных жгутиконосцев, из которых 2 вида относятся к хризомонадам, 4 — эвгленидам, 4 — кинетопластидам, 1 вид спонгомонасов и 1 вид неопределенного систематического положения.

CHRYSOPHYCEAE Pasher, 1914

Paraphysomonas vestita (Stokes, 1888) De Saedeleer, 1929 (рис. 1, *1*)

Клетка сферической формы диаметром 7—10 мкм. Плавающие клетки удлиненные. Жгутиконосцы крепятся к субстрату с помощью тонкой нити. По данным А. П. Мыльникова с соавторами (Мыльников и др., 2002), длинный жгутик покрыт двумя рядами мастигонем. Основание чешуйки в форме круглой пластинки диаметром 0,9—1,4 мкм не перфорировано и имеет утолщенный край. Длина дистально суженного ствола чешуйки равна 4,4—5 мкм.

Дифференциальный диагноз. Вид отличается от близкого *P. imperforata* Lucas, 1967 несколько большими размерами чешуек и наличием утолщенного края чешуйки (Мыльников и др., 2002).

Встречается в планктоне водоемов разного типа, а также в аэротенках очистных сооружений (Жуков, Мыльников, 1983).

Нами вид был обнаружен: $t_{воды}$ = 19° C; pH = 7,60; растворенный кислород 5,11 мг O_2/л.

Spumella major (Skua, 1956) Zhukov, 1993 (рис. 1, *2*)

Клетки свободноплавающие или прикрепленные, сильно метаболирующие, шаровидной или близкой формы, длина 20—40 мкм, ширина 18—25 мкм. В базальной части иногда образуются короткие псевдоподии. Основной жгутик немного длиннее тела, дополнительный равен 1/2 длины тела. Сократительных вакуолей две, на переднем конце клетки. Стигма присутствует.

Дифференциальный диагноз. От других видов рода отличается большими размерами, размещением сократительных вакуолей на переднем конце клетки.

Встречается в планктоне водоемов разного типа (Жуков, 1993).

Нами вид был обнаружен: $t_{воды}$ = 17° C; pH = 7,40; растворенный кислород 4,72 мг O_2/л.

EUGLENIDA Butschli, 1884, emend. Simpson, 1987

Entosiphon sulcatum (Dujardin, 1841) Stein, 1878 (рис. 1, *3*)

Форма клетки эллипсоидная с несколько скошенным передним концом, 15—45 мкм длиной и 10—25 мкм шириной. Клетка слабо метаболирует. Жгутики выходят из углубления на брюшной стороне тела. Пелликула твердая, с 4—8 ребрами и бороздками между ними. Сифон доходит почти до заднего конца клетки. Передний жгутик примерно равен или чуть длиннее тела клетки, а задний в 1,5—2 раза длиннее. Движение скользящее.

Дифференциальный диагноз. От других видов рода отличается скошенным передним концом, крупным сифоном и большими размерами клетки. Встречается повсеместно, в водоемах разного типа. Обнаруженные в Украине экземпляры этого вида отличаются широкой амплитудой изменчивости размеров клетки (Асаул, 1975).

Нами вид был обнаружен: $t_{воды}$ = 17° C; pH = 7,50; растворенный кислород 4,59 мг O_2/л.

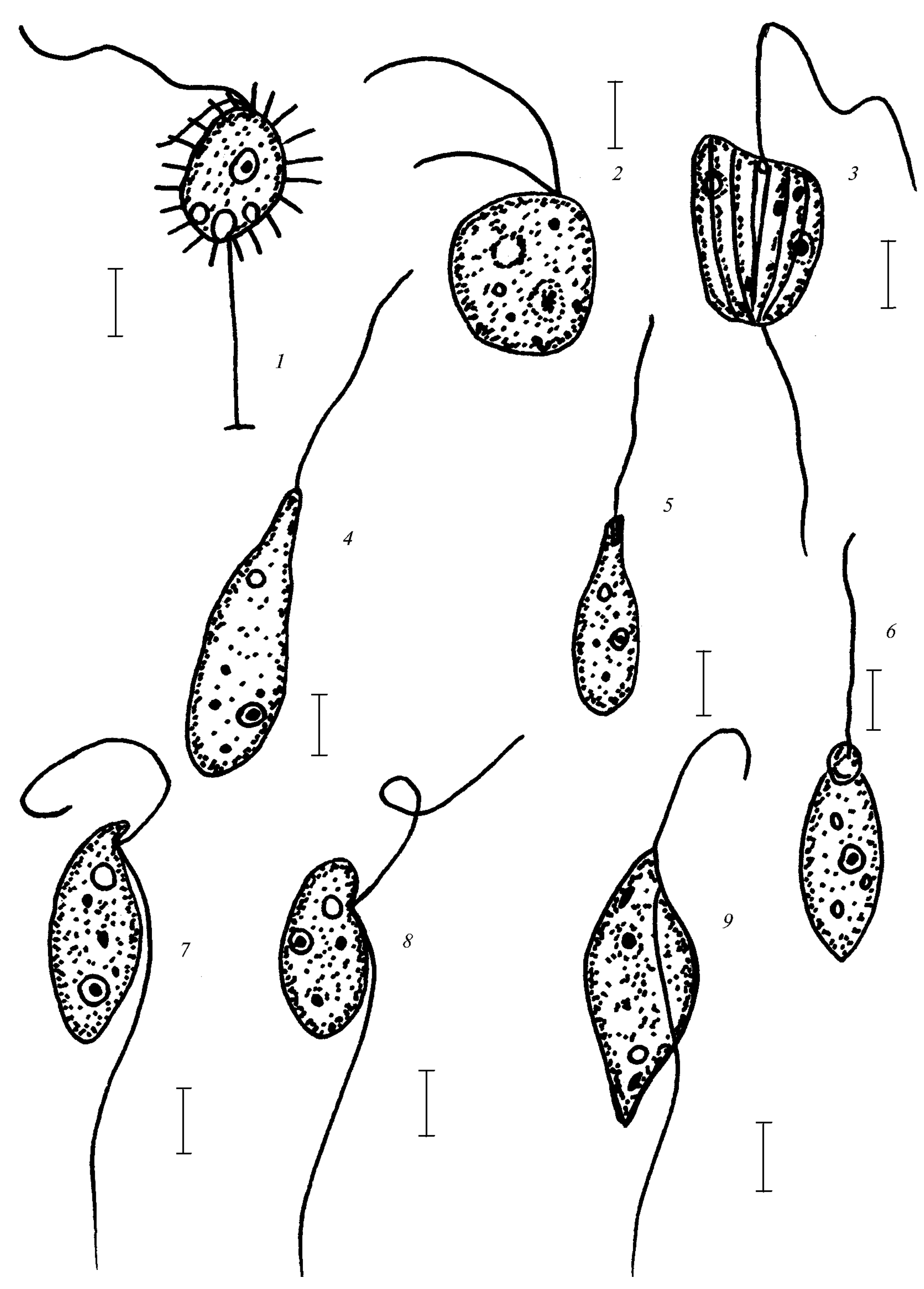


Рис. 1. Гетеротрофные жгутиконосцы аэротенков очистных сооружений Житомира: *1 — Paraphysomonas vestita*; *2 — Spumella major*; *3 — Entosiphon sulcatum*; *4 — Peranema fusiforme*; *5 — Petalomonas pusilla*; *6 — Urceolus cyclostomus*; *7 — Bodo designis*; *8 — Bodo saltans*; *9 — Parabodo nitrophilus*. Масштабная линейка 5 мкм.

Fig. 1. Heterotrophic flagellates of the aerotanks in sewage treatment construction from Zhitomir: *1 — Paraphysomonas vestita*; *2 — Spumella major*; *3 — Entosiphon sulcatum*; *4 — Peranema fusiforme*; *5 — Petalomonas pusilla*; *6 — Urceolus cyclostomus*; *7 — Bodo designis*; *8 — Bodo saltans*; *9 — Parabodo nitrophilus*. Scale bar 5 mkm.

Peranema fusiforme (Larsen, 1987) Larsen et Patterson, 1990 (рис. 1, *4*)

Клетки удлиненно-овальной формы, интенсивно метаболируют, 35—45 мкм длиной. Передний конец вытянут и сужен, задняя часть закругленная. Пелликула бесцветная, с тонкой штриховкой. Сократительная вакуоль — в передней части тела, ядро — в задней. Жгутик в 1,5 раза превышает длину тела. Движется быстро, скользит.

Дифференциальный диагноз. Отличается большими размерами, высокой метаболичностью и неглубокой выемкой, которая периодически образуется при движении на заднем конце клетки.

Нами вид был обнаружен: $t_{воды}$ = 18° C; pH = 7,40; растворенный кислород 6,03 мг O_2/л.

Petalomonas pusilla Skuja, 1948 (рис. 1, *5*)

Клетки эллипсовидной или удлиненно-эллипсовидной формы, слегка уплощенные, длиной 7—9 мкм. Передний конец клетки вытянут. Жгутик почти равен длине тела. Пелликула гладкая, без бороздок. Сократительная вакуоль одна, в переднем конце тела. Передвигается медленно, скользя по субстрату.

Дифференциальный диагноз. От других видов рода отличается маленькими размерам, отсутствием борозд и килей и удлиненно-эллипсовидной формой клетки.

Встречается в мезосапробных водоемах. Постоянный обитатель активного ила аэротенков (Суханова, 1983).

Нами вид был обнаружен: $t_{воды}$ = 17° C; pH = 7,30; растворенный кислород 4,78 мг O_2/л.

Urceolus cyclostomus (Stein, 1878) Ветрова, 1980 (рис. 1, *6*)

Форма клетки очень изменчивая, в большинстве случаев удлиненно-эллипсовидная, длина 15—20 мкм. Передний конец клетки расширен в виде воронки, из которой наружу выходит жгутик, направленный вперед, задний конец тела заострен. При обнаружении этого вида в аэротенках можно судить о том, что полисапробная сточная вода становится более чистой (Суханова, 1983).

Дифференциальный диагноз. От других видов рода отличается отсутствием ребер на поверхности клетки, а также широкой воронкой на переднем конце тела.

Нами вид был обнаружен: $t_{воды}$ = 17° C; pH = 7,40; растворенный кислород 4,8 мг O_2/л.

KINETOPLASTEA Honigberg, 1963

Bodo designis Skuja, 1948 (рис. 1, *7*)

Клетка яйцевидной формы с заостренным и слегка изогнутым к брюшной стороне передним концом (рострумом), задний конец также заострен. Длина тела 10—15 мкм. Жгутики отходят из основания рострума. Длина плавательного жгутика приблизительно равна длине тела, рулевой в 2,5 раза длиннее. Ядро и сократительная вакуоль в переднем конце тела. Во время движения плавательный жгутик закручивается вокруг рострума. Жгутиконосец плавает быстро, вращаясь вокруг продольной оси.

Дифференциальный диагноз. От других видов рода отличается формой переднего и заднего конца тела, формой скручивания плавательного жгутика (Larsen, Patterson, 1990; Vørs, 1992; Tong, 1997 цит. по: Мыльников и др., 2002).

Встречается повсеместно, чаще в водоемах с повышенной сапробностью. Известен в пресных и морских водоемах, почве, а также очистных сооружениях (Жуков, 1993).

Нами вид был обнаружен: t $_{воды}$ = 17° C; pH = 7,30; растворенный кислород 4,7 мг O_2/л.

Bodo saltans Ehrenberg, 1838 (рис. 1, *8*)

Тело клетки бобовидной или овальной формы с сильно загнутым к брюшной стороне рострумом. Длина 10—15 мкм, ширина 4—6 мкм. Жгутики выходят из основания рострума. Плавательный жгутик равен длине тела, рулевой в 2,5 раза длиннее. Сократительная вакуоль и ядро в переднем конце тела. Жгутиконосец свободноплавающий или временно прикрепляется к субстрату.

Дифференциальный диагноз. В отличие от других видов рода плавает в толще воды довольно быстро, раскачиваясь, с внезапными бросками взад-вперед, что позволяет безошибочно определять этот вид в пробах.

Распространен повсеместно, питается в основном бактериями (Жуков, 1993).

Нами вид был обнаружен: t $_{воды}$ = 19° C; pH = 7,60; растворенный кислород 5,1 мг O_2/л.

Parabodo nitrophilus Skuja, 1948 (рис. 1, *9*)

Тело клетки эллипсовидное или овальное, часто изогнутое в виде латинской буквы S. Длина клетки 10—18 мкм. Рострум развит слабо, передний конец иногда выглядит раздвоенным. Плавательный жгутик составляет больше половины длины тела, рулевой длиннее тела в 2 раза. Сократительная вакуоль находится в передней части тела. В задней части тела иногда 1—3 несократимых пузырька (пищеварительные вакуоли). Во время передвижения по субстрату плавательный жгутик сгибается и распрямляется в одной плоскости, временно принимая крючкообразную форму (Мыльников и др., 2002).

Дифференциальный диагноз. Этот жгутиконосец по форме клетки напоминает *B. caudatus* (Duj.) Stein, 1878 и отличается от него более плоской формой тела, меньшими размерами и отсутствием в жизненном цикле цист (Жуков, 1993).

Встречается в прудах, озерах, очистных сооружениях (Жуков, 1993).

Нами вид был обнаружен: t $_{воды}$ = 17° C; pH = 7,30; растворенный кислород 4,7 мг O_2/л.

Rhynchomonas nasuta (Stokes, 1888) Klebs, 1893 (рис. 2, *1*)

Тело овальной или почковидной формы, слегка уплощенное. Длина тела 6—8 мкм, ширина 3—4 мкм. Рулевой жгутик в 2 раза длиннее тела. Сократительная вакуоль в переднем конце тела. Движется медленно, скользит по субстрату, реже плавает. При движении повернут к субстрату боковой стороной.

Дифференциальный диагноз. Отличается от видов рода *Bodo* присутствием на переднем конце тела небольшого протоплазматического хоботка, колебания которого вызывают движение жгутиконосца.

Встречается в водоемах мезосапробного типа, особенно стоячих, также в морях и почвах (Жуков, 1993).

Нами вид был обнаружен: t $_{воды}$ = 18° C; pH = 7,40; растворенный кислород 6,0 мг O_2/л.

SPONGOMONADIDAE (Hibberd) Karpov, 1990

Spongomonas uvella Hibberd, 1983 (рис. 2, *2*)

Клетка овальной формы, длиной до 15 мкм, жгутики равной длины, в 2,5—3 раза длиннее тела. Ядро и одна сократительная вакуоль лежат в апикальной части клеточного тела. Клетки погружены в студнеобразную массу колонии.

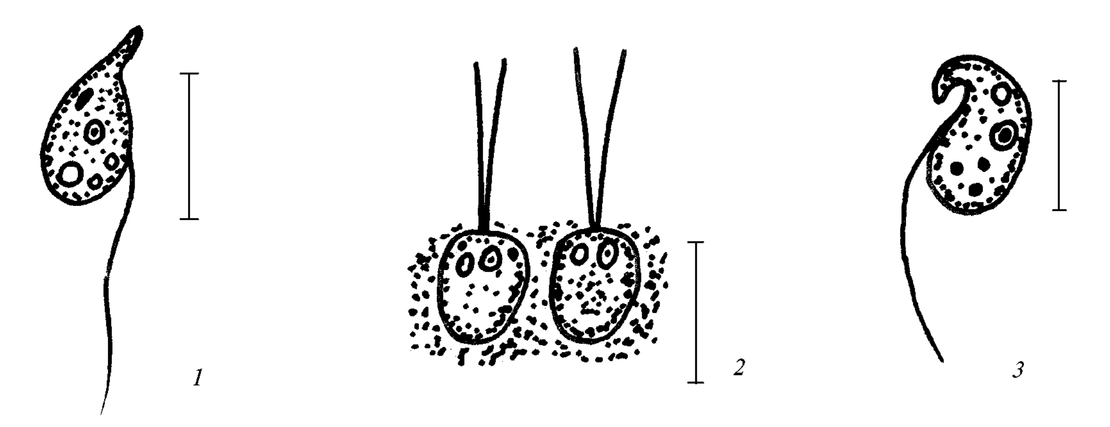


Рис. 2. Гетеротрофные жгутиконосцы аэротенков очистных сооружений Житомира: *1 — Rhynchomonas nasuta*; *2 — Spongomonas uvella*; *3 — Ancyromonas sigmoides*. Масштабная линейка 10 мкм.

Fig. 2. Heterotrophic flagellates of the aerotanks in sewage treatment construction from Zhitomir: *1 — Rhynchomonas nasuta*; *2 — Spongomonas uvella*; *3 — Ancyromonas sigmoides*. Scale bar 10 mkm.

Дифференциальный диагноз. От других видов рода отличается меньшим размером колоний. Встречается в стоячих водоемах.

Нами вид был обнаружен: $t_{воды}$ = 17° C; pH = 7,40; растворенный кислород 4,7 мг O_2/л.

Incertae sedis EUKARYOTA

Ancyromonas sigmoides Kent, 1880 (рис. 2, *3*)

Клетка овальной формы, задний конец закруглен. Передний конец имеет хорошо развитый рострум, который загнут к брюшной стороне. Длина клетки до 8 мкм. Передний жгутик в световой микроскоп незаметен, длина заднего может достигать 15 мкм. Сократительная вакуоль расположена в передней части клетки.

Дифференциальный диагноз. Характерными особенностями вида являются форма клетки в виде запятой, с хорошо развитым рострумом, а также маятникообразные колебания клетки во время движения.

Встречается в больших количествах во всех типах водоемов, отмечен в очистных сооружениях (Жуков, Мыльников, 1983).

Нами вид был обнаружен: $t_{воды}$ = 17° C; pH = 7,40; растворенный кислород 4,7 мг O_2/л.

Асаул З. І. Визначник евгленових водоростей Української РСР. — К. : Наук. думка, 1975. — 407 с.

Жуков Б. Ф. Атлас пресноводных гетеротрофных жгутиконосцев (биология, экология и систематика). — Рыбинск : ИБВВ РАН, 1993. — 160 с.

Жуков Б. Ф., Мыльников А. П. Фауна зоофлагеллят очистных сооружений // Протозоология: Простейшие активного ила. — Л. : Наука, 1983. — Вып. 8. — С. 27—42.

Истомина Л. П., Кириченко А. Г., Ракитин Е. Г. О видовом составе простейших и водорослей активного ила сточной воды, очищенной в аэротенках // Гидробиол. журн. — 1973. — № 5. — С. 43—48.

Мыльников А. П., Косолапова Н. Г., Мыльников А. А. Планктонные жгутиконосцы малых водоемов Ярославской области // Зоол. журн. — 2002. — **81**, № 2. — С. 131—140.

Суханова К. М. Фауна и экология эвгленовых жгутиконосцев сооружений биологической очистки сточных вод // Протозоология: Простейшие активного ила. — Л. : Наука, 1983. — Вып. 8. — С. 43—54.

Adl S. M., Simpson A. G. B., Farmer M. A. et al. The New Higher Level Classification of Eukaryotes with Emphasis on the Taxonomy of Protists // J. Eucaryot. Microbiol. — 2005. — **52**, N 5. — P. 399—432.

Arndt H., Dietriech D., Auer B. et al. Functional diversity of heterotrophic flagellates in aquatic ecosystems // The Flagellates / Eds B. Leadbeater, J. Green. — London : Taylor & Francis, 2000. — P. 240—268.